

Mecánica Elástica, por A. Peña Boeuf.**Noventa años después.****Josep Maria Pons Poblet.** Dr. Ingeniero Industrial.

Profesor departamento de Resistencia de Materiales y Estructuras en la Ingeniería.

Universidad Politécnica de Cataluña. josep.maria.pons@upc.edu

Resumen: En el número 2427 de la Revista de Obras Públicas, correspondiente al año 1925, apareció un breve artículo¹ escrito por un desconocido M. donde se glosaba *la notable obra de Mecánica Elástica escrita por el reputado Ingeniero de Caminos, profesor de la Escuela Especial del Cuerpo, D. Alfonso Peña Boeuf.*

Pasados 90 años y, a la vez que recuperando el artículo, se referencia la importancia de dicho libro en la docencia y aprendizaje del cálculo estructural visto el prisma del tiempo discurrido.

Palabras clave: Mecánica elástica; Peña Boeuf, masa elástica, ROP

~~**Abstract:** En el número 2427 de la Revista de Obras Públicas, correspondiente al año 1925, apareció un breve artículo escrito por un desconocido M. donde se glosaba la notable obra de Mecánica Elástica escrita por el reputado Ingeniero de Caminos, profesor de la Escuela Especial del Cuerpo, D. Alfonso Peña Boeuf. Pasados 90 años y, a la vez que recuperando dicho artículo, se referencia la importancia de dicho libro en la docencia y aprendizaje del cálculo estructural visto el prisma del tiempo discurrido.~~

Keywords: Mecánica elástica; Peña Boeuf, ROP

En el año 1925 aparecía publicado el libro *Mecánica Elástica* obra del Ingeniero de Caminos y profesor de la Escuela Especial del Cuerpo D. Alfonso Peña Boeuf (1888-1966).

Justo ahora se cumple el noventa aniversario de un libro que, ya desde el inicio, supuso un hito el campo de la Mecánica Elástica y cuya vigencia perduró mucho tiempo tal como muestran las referencias bibliográficas que de él se generaron.

¹ http://ropdigital.ciccp.es/pdf/publico/1925/1925_tomoI_2427_05.pdf

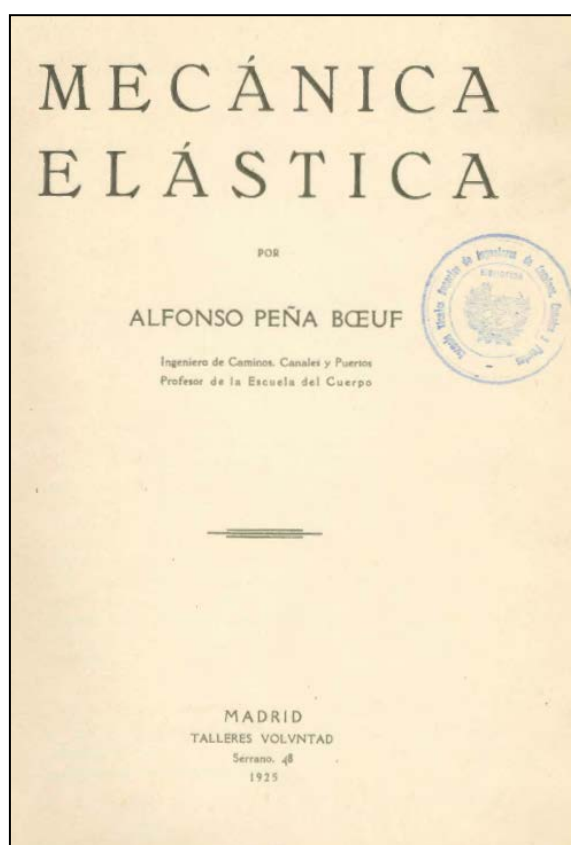


Figura 1 Mecánica Elástica. Alfonso Peña Boeuf - Edición de 1925.

Al recibir el encargo, muy honroso, aunque ara mí abrumador, de explicar la asignatura de hormigón armado en la Escuela de Caminos, por fallecimiento del sabio Zafra, mi querido maestro, comprendí la conveniencia de preceder a su estudio el de las estructuras continuas, ya que, en la mayor parte de los casos, la dificultad de proyectar las obras de hormigón armado estriba más bien en la determinación de los elementos mecánicos que definen su régimen elástico.

Con esta transcripción, habida en el prólogo, principia el libro *Mecánica Elástica* del autor Peña Boeuf. El referido maestro fue D. Juan Manuel de Zafra (1869-1923) también ingeniero de Caminos, Canales y Puertos a la vez que autor de otros célebres

libros como fueron *Construcciones de hormigón armado*² y *Los métodos de cálculo de estructuras derivados del trabajo elástico*³, entre otros.

El autor

Alfonso Peña Boeuf (Madrid, 1888-1966) fue un ingeniero formado en la Escuela Caminos, Canales y Puertos de Madrid donde posteriormente sería profesor. Destacó en distintos campos y actividades siempre relacionados con el mundo de la Obra Pública. Así mismo podemos citar de él que fue Ministro de Obras Públicas, miembro de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales así como presidente del consejo de administración de la Red Nacional de Ferrocarriles Españoles (R.E.N.F.E.) entre otros cargos.

El libro, *Mecánica Elástica*

Del prólogo citado deducimos que D. Alfonso, fruto del encargo de la sustitución docente de su maestro, quiso *exponer en no pocas lecciones una síntesis de los modernos métodos elásticos con las aplicaciones más interesantes en el cálculo de las estructuras indeterminadas estáticamente, de tal modo que fuera fácilmente asimilable sin dificultad, aun en aquellos casos en que la estructura fuera complicada*. El libro, todo un hito en el momento en que fue publicado (por Talleres Voluntad), vino a llenar un vacío en el mundo de los textos técnicos, especialmente aquellos con matriz española. Cabe recordar que parte de los libros que se usaban tenían génesis alemana y sobretodo francesa llegando al estado español por sus traducciones. Justo es citar el esfuerzo de técnicos como el referido Juan Manuel de Zafra, Félix Cardellach o José Marvá entre otros nombres ilustres que aportaron en forma escrita sus conocimientos.

El autor lo indexó -en la primera edición de 1925- según los siguientes capítulos⁴:

- Capítulo primero: Teorías fundamentales.
- Capítulo II: Arcos.

² Construcciones de hormigón armado / Por Juan Manuel de Zafra Madrid: Imp. y encuad. de V. Tordesillas [S.l.]: [s.n.], 1911.

³ Los métodos de cálculo de estructuras derivados del trabajo elástico / por Juan Manuel de Zafra Madrid: Imprenta de Prudencio Pérez de Velasco [S.l.]: [s.n.], 1912.

⁴ Se sigue fehaciente la nomenclatura propuesta por el autor.

- Capítulo III: Pórticos.
- Capítulo IV: Formas tubulares.
- Capítulo V: Estructuras múltiples.
- Capítulo VI: Cúpulas.
- Capítulo VII: Placas planas.
- Capítulo VII: Presas.

Este programa, aunque extenso en la enumeración, es, sin embargo, susceptible de exponer en poco más de trescientas páginas sin detrimento de su claridad.⁵

Cabe citar que en ediciones posteriores se incorporarían nuevos capítulo como el correspondiente a reparticiones de carga y cimentaciones (edición de 1930) que *extracta lo que substancialmente puede interesar en las cuestiones de cimentación de obras por repartición de cargas*. Este hecho pone de manifiesto la preocupación dinámica del autor para dar a la obra el contenido acorde con las problemáticas específicas que iban surgiendo.

Pronto obtuvo el reconocimiento del colectivo técnico constituyendo *un tratado de las aplicaciones de los métodos más recientes y perfectos al arte de construir, derivados de la elasticidad* en una obra que *más que el rigor matemático se busca la rapidez, siempre dentro de la corrección de cálculo de toda obra doctrinal*.⁶

De entre todos los capítulos, sin duda el que más relevancia tuvo fue el dedicado a las estructuras múltiples.

Quizá sea el más fecundo de los capítulos el dedicado a las estructuras múltiples. Partiendo de la teoría de Ritter hacemos una original aplicación al cálculo de las vigas de varios tramos y a los pórticos múltiples con operaciones tan sencillas que sólo requieren dos ecuaciones lineales por grande que sea la complejidad de las cargas, y para la mejor comprensión se presenta en cada uno un ejemplo numérico⁷.

⁵ Mecánica Elástica. Alfonso Peña Boeuf.

⁶ http://ropdigital.ciccp.es/pdf/publico/1925/1925_tomoI_2427_05.pdf

⁷ Revista Obras Públicas "Mecánica Elástica", por A. Peña Boeuf. Fuente: 1925, 73, tomo I (2427): 161-162. Cita tomada del prólogo del propio libro.

Una de las dificultades que ha tenido el calculista, especialmente antaño, ha sido el de resolver las estructuras llamadas hiperestáticas. Mencionemos sólo la formulación de las slope-deflection, el teorema de Clapeyron o los métodos gráficos por citar algunos de los procedimientos citados en las bibliografías de la época que ayudaron a tal efecto. Sin duda, el problema resultaba tedioso en el periodo que ahora abordamos; una época más bien parca en cuanto a metodología de cálculo que solventase tal dificultad. Peña Boeuf presentará el método que el denominará como de la *masa elástica* donde, de manera sistemática y rápida en comparación con los métodos coetáneos, se permitía la resolución de la estructura hiperestática. Justo es señalar que en este período se empieza a formular el método de Cross - que llegará a España a principios de la década de los años 30 debido a Carlos Fernández Casado. Peña Boeuf pero, anticipándose al que sería uno de los grandes métodos de cálculo del siglo XX, formularía este método que también resolvería, de manera relativamente ágil, el problema hiperestático.

En las construcciones continuas es muy frecuente el cruzamiento de varias piezas en un mismo nudo, con empotramiento elástico, dando lugar a un grado de indeterminación superior al tercero, que se estudia en los pórticos. En este caso se encuentran los entramados de las edificaciones urbanas, los pórticos de varios tramos, los sencillos, cuando tienen piezas de arriostramiento, las vigas caladas y tantos otros géneros de construcción de mayor complejidad.

El cálculo de cada elemento considerado aisladamente, aun teniendo en cuenta prudencialmente el grado de empotramiento, puede producir errores de importancia, pues las acciones transmitidas a él, por su solidaridad, en virtud de cargas en los otros elementos concurrentes, proporciona régimen de trabajo distinto del apreciado directamente y a veces con inversión en el sentido del momento flector, que precisa estimar y precaver.

El problema general, de inabordable complicación, si se emplean las ecuaciones clásicas de deformación angular y lineal de las coordenadas de un punto, puede, sin embargo, simplificarse mediante reducciones lógicas, haciendo un estudio de suficiente aproximación que permite las más fecundas aplicaciones prácticas.⁸

⁸ Mecánica Elástica. Alfonso Peña Boeuf.

La *masa elástica* sería, por tanto, uno de los métodos que permitían la resolución de la estructura hiperestática a los técnicos calculistas responsables. Uno de ellos, el doctor Ingeniero Rafael Casals Bohigas⁹ personalmente me indicó este método como el usado por los técnicos que, como él, calculaban las estructuras antes de la llegada del citado método de Cross.

La doctrina contenida en este capítulo se prestaba a desarrollar en muchas páginas sus innumerables aplicaciones; pero una vez entendido el mecanismo no es preciso insistir en demasía, ya que en él se indican con suficiente claridad el modo de operar en las estructuras reticuladas y en otras semejantes.¹⁰

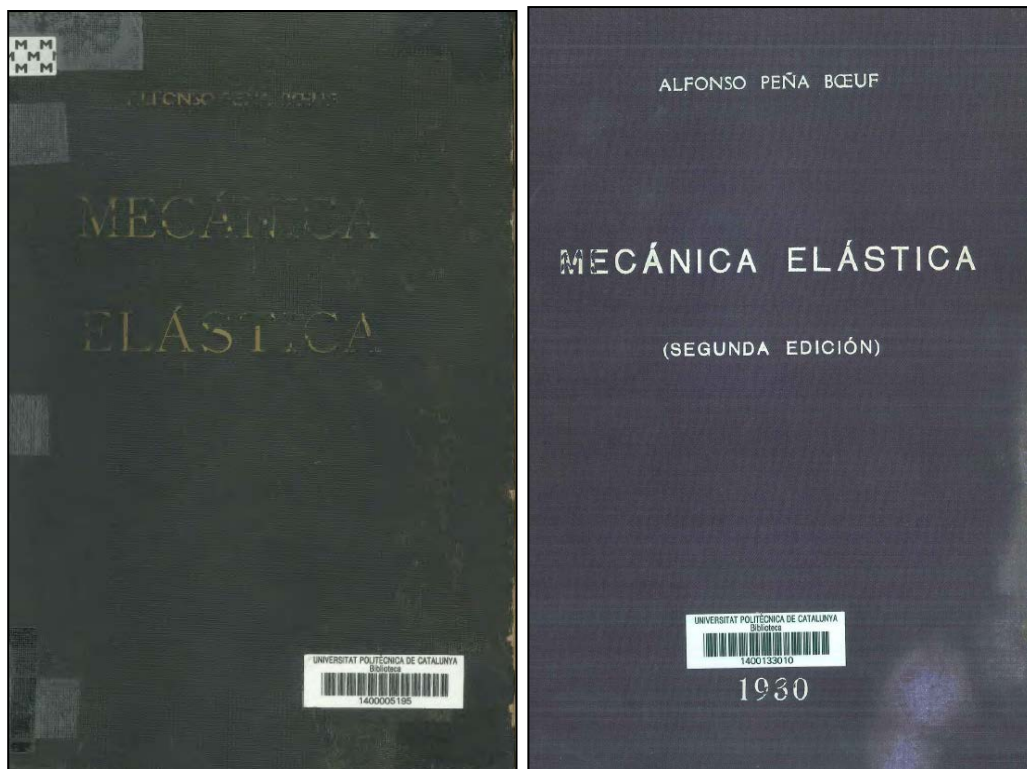


Figura 2 a) Peña Boeuf. Mecánica elástica. 1ª ed. b) Peña Boeuf. Mecánica elástica. 2ª ed.

El nombre del método (*masa elástica*) proviene de la terminología empleada en su formulación. El valor del término IK , será llamado inicialmente por Peña Boeuf como *medida elástica* -siguiendo a Ritter- y lo simbolizará por la letra e . Posteriormente se llamará *masa elástica* (Zafra) quedando ya definitivamente el término fijado.

⁹ Rafael Casals Bohigas († 2010). Doctor Ingeniero industrial.

¹⁰ Revista Obras Públicas “Mecánica Elástica”, por A. Peña Boeuf. Fuente: 1925, 73, tomo I (2427): 161-162. Cita tomada del prólogo del propio libro.

Para un momento M , determinado, el denominador IK mide la facultad de girar la sección, pues es la relación del momento al ángulo, o de otro modo, es el momento capaz de producir un ángulo de giro unidad. IK en realidad es homólogo a EI .

A Ritter se debe el fundamento de este método que, de un modo general, expondremos con gran sencillez.¹¹

El mismo Fernández Casado se referirá al término en su conocido libro *Cálculo de Estructuras Reticulares* dando por tanto a entender que era una metodología conocida y aplicada por los técnicos.

En la otra dirección que podemos llamar clásica, W. Ritter¹², al estudiar el problema de la viga de varios vanos con pilares solidarios, introduce el concepto fundamental de elastizität mass, traducido por Zafra como masa elástica, definiendo la característica elástica de la barra en el conjunto de la estructura.

Una vez presentada la terminología empleada y el alcance del método el autor pasará a describirlo a la vez que implementándolo con ejemplos ilustrativos y didácticos; el pórtico equilátero con carga uniforme y puntual, el caso de una viga de varios tramos, pórticos múltiples y bigas Vierendeel entre otros.

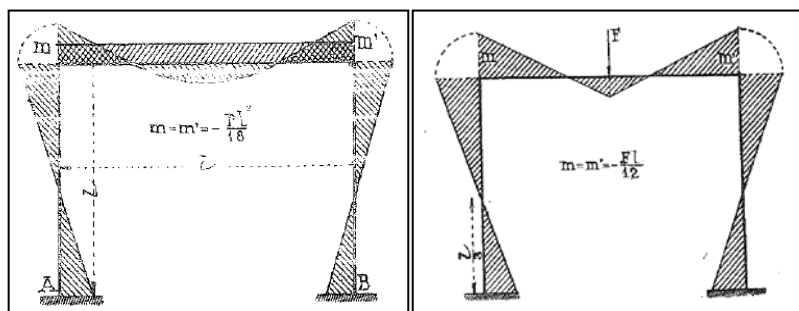


Figura 3 a) Pórtico equilátero empotrado con carga uniforme. b) Pórtico equilátero empotrado con carga puntual. Mecánica Elástica. Alfonso Peña Boeuf.

¹¹ Peña Boeuf, Alfonso: Mecánica elástica.

¹² W. Ritter: Anwendung der Graphischen Statik, tomo III. Zurich, 1900.

Referencias

FERNÁNDEZ CASADO, Carlos (1940) *Cálculo de estructuras reticulares: nudos rígidos* (2ª ed. Ref.). Madrid: Dossat.

FERNÁNDEZ CASADO, Carlos (1941) *Resistencia*. Madrid.

PEÑA BOEUF, ALFONSO (1925) *Mecánica elástica*. Madrid: Talleres Voluntad.

PEÑA BOEUF, ALFONSO (1930) *Mecánica elástica*. Madrid: Talleres Voluntad.

RODRÍGUEZ-AVIAL AZCUNAGA, Fernando (1946) *Construcciones metálicas*. Madrid: Patronato de Publicaciones de la Escuela Especial de Ingenieros Industriales.

SALIGER, Rudolf (1950) *Estática aplicada al cálculo de estructuras y al hormigón armado*. Barcelona [etc.]: Labor.

ZAFRA, Juan Manuel de (1911) *Construcciones de hormigón armado*. Madrid: Tejada y Martín.

ZAFRA, Juan Manuel de (1912) *Los métodos de cálculo de estructuras derivados del trabajo elástico*. Madrid: Tejada y Martín.

ZAFRA, Juan Manuel de (1915) *Cálculo de estructuras*. Madrid: Tejada y Martín.